

IRREVERSIBLE CIRCUIT ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

Patent Number: JP10270917
Publication date: 1998-10-09
Inventor(s): TOMONO KUNISABURO;; KONOIKE TAKEHIRO
Applicant(s): MURATA MFG CO LTD
Requested Patent: ☐ JP10270917
Application Number: JP19970073832 19970326
Priority Number(s):
IPC Classification: H01P11/00; H01P1/32; H01P1/383
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain the irreversible circuit element with a smaller size and high performance in which characteristics such as insertion loss are improved.

SOLUTION: A permanent magnet 17 is placed to at least one of outsides of a microwave magnetic body 16 of the circuit element in the broadwise direction and the surrounding of the magnet 17 is enclosed by magnetic yoke 18, 19. In this case, a thickness A of the microwave magnetic body 16 and a distance B between a side face 16a of the magnetic yoke 18 and a part 18a opposed to the side face 16a is selected to be $B > 0.5A$. Then a DC magnetic field generated by the permanent magnet 17 is applied to the microwave magnetic body 16 efficiently.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-270917

(43) 公開日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 P 11/00

H 0 1 P 11/00

P

1/32

1/32

1/383

1/383

A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-73832

(22) 出願日

平成9年(1997)3月26日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 伴野 国三郎

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

(72) 発明者 鴻池 健弘

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

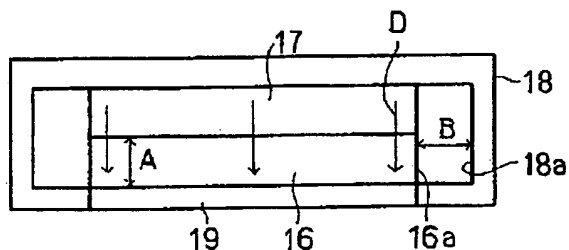
(74) 代理人 弁理士 宮▼崎▲ 主税 (外1名)

(54) 【発明の名称】 非可逆回路素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 挿入損失等の特性を改善することができ、より一層小型かつ高性能の非可逆回路素子を得る。

【解決手段】 マイクロ波用磁性体16の厚み方向外側の少なくとも一方に永久磁石17を配置し、周囲を磁気ヨーク18、19で取り囲んでなる非可逆回路素子20において、マイクロ波用磁性体16の厚みをA、マイクロ波用磁性体16の側面16aと、磁気ヨーク18の側面16aと対向し合っている部分18aとの間の距離Bとが、 $B > 0.5A$ とされており、それによって永久磁石17により発生した直流磁界をマイクロ波用磁性体16に効率よく添加することを可能とした非可逆回路素子20。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロ波用磁性体と、
前記マイクロ波用磁性体内において厚み方向に異なる位置に磁性体層を隔てて配置されており、かつ互いに交差するように設けられた複数の導体線路と、
前記複数の導体線路の交差部分に直流磁界を印加するためにマイクロ波用磁性体の厚み方向外側の少なくとも一方に配置された永久磁石と、
前記永久磁石と組み合わせられて磁気回路を構成するために、前記マイクロ波用磁性体及び永久磁石が積層されている積層体の周囲を囲むように設けられた磁気ヨークとを備えるマイクロ波用非可逆回路素子において、
前記マイクロ波用磁性体の厚みをA、マイクロ波用磁性体の厚み方向に延びる側面と、磁気ヨークのマイクロ波用磁性体の側面と対向している部分との間の距離をBとしたときに、 $B > 0.5A$ とされていることを特徴とする、非可逆回路素子。

【請求項2】 導体線路が少なくとも一面に印刷された磁性体グリーンシートを複数枚用意する工程と、
前記複数枚の磁性体グリーンシートを積層し、厚み方向に圧着して成形体を得る工程と、
前記成形体を複数の導体線路と共に一体焼成し、複数の導体線路が内部に配置されたマイクロ波用磁性体を得る工程と、
前記マイクロ波用磁性体の厚み方向外側の少なくとも一方に永久磁石を配置する工程と、
前記マイクロ波用磁性体及び永久磁石を囲むように、かつマイクロ波用磁性体の厚みをA、マイクロ波用磁性体の側面と磁気ヨークのマイクロ波用磁性体側面と対向している部分との距離をBとしたときに、 $B > 0.5A$ となるように磁気ヨークを配置する工程とを備える、非可逆回路素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、サーキュレータやアイソレータなどに代表される非可逆回路素子及びその製造方法に関し、より詳細には、マイクロ波用磁性体内部に複数の導体線路を一体的に形成してなる小型の非可逆回路素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、携帯電話機などの移動体通信機器の小型化が進んでおり、これらの機器に使用される非可逆回路素子についても、小型のものが要求されている。従来、マイクロ波用磁性体、導体線路、導体線路間を絶縁するための絶縁膜などを個別に用意し、これらを組み立てることにより、非可逆回路素子が製造されている。しかしながら、この方法では、部品点数が多くなり、かつ組立が煩雑であるため、製造コストが高くなるという問題があった。また、多数の部品を組み立てる必要があるため、非可逆回路素子の小型化が困難であるという問

題もあった。

【0003】そこで、複数のマイクロ波用磁性体グリーンシートを導体線路を介して積層し、磁性体グリーンシートと導体線路とを一体焼成してなる焼結体を用いた非可逆回路素子が提案されている（例えば、特開平6-204723号公報など）。

【0004】この方法では、まず、例えば、イットリウムと鉄を含む酸化物を主成分とする磁性体粉末に、バインダ及び溶剤を混合し、磁性体スラリーを得る。次に、磁性体スラリーを用い、例えばドクターブレード法によりシート成形し、複数枚の磁性体グリーンシートを得る。

【0005】次に、図4に示すように、磁性体グリーンシート32～34上に、それぞれ、パラジウム粉末などの導電性粉末を主成分とする導体ペーストを印刷し、導体線路35、36、37を形成する。導体線路35～37は、磁性体グリーンシート31～34を積層して得られた積層体において、厚み方向に見た場合に、互いに120°の角度を成すように交差されている。磁性体グリーンシート32～34と、磁性体グリーンシート31とを積層し、積層体を得る。

【0006】次に、図5に示すように、磁性体グリーンシート31～34を積層してなる積層体の上面及び下面に例えばパラジウム粉末を主成分とする導体ペーストを塗布し、導体ペースト層38、39を形成する。さらに、導体ペースト層38、39の外側から、磁性体グリーンシート40、41を積層し、厚み方向に加圧することにより、積層体42を得る。

【0007】上記のようにして得た積層体42を焼成炉内で一体焼結し、それによって図6に示す非可逆回路素子43が得られる。なお、図6に示す非可逆回路素子43では、周囲に軟鉄などからなる薄板により構成された矩形枠状の磁気ヨーク44が取り付けられている。非可逆回路素子43は、上記焼成により得られた焼結体であり、ここでは、磁性体グリーンシート31～34が焼成されて磁性体層を構成しており、永久磁石グリーンシート40、41も焼成されて永久磁石層を構成しているが、理解を容易とするために、図6における磁性体層及び永久磁石については、図5の焼成前の各部分の参照番号をそのまま用いることとする。

【0008】磁気ヨーク44は、永久磁石40、41と共に磁気回路を構成しており、磁性体層31～34間に介在されている導体線路（図4参照）に直流磁界を効率よく加えるために設けられている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記非可逆回路素子43では、磁気ヨーク44を組み合わせることにより、導体線路に直流磁界を効率よく加えることが可能とされているが、磁気ヨーク44は、非可逆回路素子43の形状に合わせて、該非可逆回路素子43の周囲を取り囲むよ

うに、閉環状に構成されている。従って、マイクロ波用磁性体45の側面45aと、磁気ヨーク44のマイクロ波用磁性体の該側面45aと対向している部分44aとの間の距離Bが比較的小さかった。

【0010】そのため、図6に矢印Cで示すように、永久磁石40、41で発生した直流磁界がマイクロ波用磁性体45内に効率よく加わらず、磁力線の一部が磁気ヨーク44側にずれるという問題があった。その結果、マイクロ波用磁性体45に印加される磁界が小さくなると共に、マイクロ波用磁性体45内における直流磁界分布が不均一となり、非可逆回路素子の特性、特に挿入損失が悪化していた。

【0011】本発明の目的は、上述した従来の非可逆回路素子の欠点を解消し、挿入損失などの特性の劣化を引き起こすことがなく、小型でかつ高性能の非可逆回路素子及びその製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、マイクロ波用磁性体と、前記マイクロ波用磁性体内において厚み方向に異なる位置に磁性体層を隔てて配置されており、かつ互いに交差するように設けられた複数の導体線路と、前記複数の導体線路の交差部分に直流磁界を印加するためにマイクロ波用磁性体の厚み方向外側の少なくとも一方に配置された永久磁石と、前記永久磁石と組み合わせられて磁気回路を構成するために、前記マイクロ波用磁性体及び永久磁石が積層されている積層体の周囲を囲むように設けられた磁気ヨークとを備えるマイクロ波用非可逆回路素子において、前記マイクロ波用磁性体の厚みをA、マイクロ波用磁性体の厚み方向に延びる側面と、磁気ヨークのマイクロ波用磁性体の側面と対向している部分との間の距離をBとしたときに、 $B > 0.5A$ とされていることを特徴とする、非可逆回路素子である。

【0013】本発明に係る非可逆回路素子では、マイクロ波用磁性体及び永久磁石が積層されている積層体の周囲を囲むように磁気ヨークが設けられている構造において、マイクロ波用磁性体の厚みAと、上記距離Bとが、 $B > 0.5A$ とされているので、永久磁石で発生した直流磁界が、マイクロ波用磁性体により一層効果的に加えられる。すなわち、永久磁石からの磁力線が、磁気ヨーク側にほとんどずれることなく、マイクロ波用磁性体を通過することになり、それによって、非可逆回路素子における損失の改善が果たされる。

【0014】 $B \leq 0.5A$ では、磁力線が磁気ヨーク側にずれる量が多くなり、非可逆回路素子の損失が無視できなくなる。また、請求項2に記載の発明は、上記非可逆回路素子の製造方法であり、導体線路が少なくとも一面に印刷された磁性体グリーンシートを複数枚用意する工程と、前記複数枚の磁性体グリーンシートを積層し、厚み方向に圧着して成形体を得る工程と、前記成形体を

複数の導体線路と共に一体焼成し、複数の導体線路が内部に配置されたマイクロ波用磁性体を得る工程と、前記マイクロ波用磁性体の厚み方向外側の少なくとも一方に永久磁石を配置する工程と、前記マイクロ波用磁性体及び永久磁石を囲むように、かつマイクロ波用磁性体の厚みをA、マイクロ波用磁性体の側面と磁気ヨークのマイクロ波用磁性体側面と対向している部分との距離をBとしたときに、 $B > 0.5A$ となるように磁気ヨークを配置する工程とを備えることを特徴とする。

【0015】本発明の非可逆回路素子の製造方法では、上記マイクロ波用磁性体が、導体線路と共に一体詳細されているので、マイクロ波用磁性体部分の小型化を果たすことができ、かつ $B > 0.5A$ とされているため、直流磁界がマイクロ波用磁性体に効果的に印加され、それによって損失の小さい小型の非可逆回路素子が構成され得る。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ、本発明の非限定的な実施例につき説明する。図1は、本発明の非可逆回路素子の製造方法の一実施例を説明するための分解斜視図である。まず、図1に示すように、複数枚のマイクロ波用磁性体グリーンシート1～12を用意する。磁性体グリーンシート1～12は、強磁性体粉末に、バインダ及び溶剤を混練してなるスラリーを用いてシート成形することにより得ることができ、強磁性体粉末を構成する材料としては、特に限定されるわけではないが、例えばYIG（イットリウム鉄ガーネット）などのガーネット系フェライト；リチウムフェライトもしくはNiフェライトなどのスピネル系フェライト；バリウムフェライトなどのマグネトプランバイト系フェライトなどを例示することができる。

【0017】また、上記強磁性体粉末を含む磁性体スラリーをシート成形する方法についても特に限定されるわけではないが、例えばドクターブレード法などにより行うことができる。

【0018】図1では、各磁性体グリーンシート1～12は、平面形状が矩形であるように図示されているが、磁性体グリーンシート1～12の平面形状については、円形などの他の形状であってもよい。

【0019】磁性体グリーンシート6～8上には、それぞれ、導体線路13a～13cが形成されている。導体線路13a～13cは、導体ペーストをスクリーン印刷などの適宜の方法により付与することにより形成されている。導体ペーストとしては、磁性体グリーンシート6～8の材料に応じて適宜選択され、特に限定されるわけではないが、例えば、パラジウムペーストや銀パラジウムペーストなどを用いることができる。

【0020】導体線路13a～13cは、それぞれ、中央部分が直線状の形状を有し、該直線状の部分が、磁性体グリーンシート6～8を積層した段階で、厚み方向に

見たときに、互いに 120° の角度をなすように配置されている。

【0021】また、磁性体グリーンシート4上には、静電容量を得るために、電極14a~14cが形成されている。電極14a~14cについては、目的とする静電容量に応じて適宜のパターンを有するように形成される。

【0022】磁性体グリーンシート3, 10上には、それぞれ、アース電極15a, 15bが形成されている。アース電極15a, 15bは、それぞれ、磁性体グリーンシート3, 10の上面のほぼ全領域を被覆するように形成されている。もっとも、アース電極15a, 15bは、磁性体グリーンシート3, 10の外周縁に引き出されている部分を除いては、外周縁には至らないように形成されている。

【0023】電極14a~14c及びアース電極15a, 15bについても、パラジウムペーストや銀パラジウムペーストなどの適宜の導体ペーストをスクリーン印刷などにより印刷することにより形成することができる。

【0024】磁性体グリーンシート1~12を、図1に示す向きのまま積層し、厚み方向に加圧することにより、マイクロ波用磁性体部分を構成するための積層体を得ることができる。

【0025】上記積層体を焼成炉中で焼成することにより、磁性体グリーンシート1~12の焼成と、導体ペーストにより構成されている導体線路13a~13c、電極14a~14c及びアース電極15d, 15bを焼結することができる。すなわち、一体焼成型の焼結体として、マイクロ波用磁性体を得ることができる。

【0026】次に、図2に正面図で示すように、上記のようにして得られたマイクロ波用磁性体16に永久磁石17を積層し、磁気ヨーク18, 19を取り付けることにより、本実施例のマイクロ波用非可逆回路素子20を得ることができる。

【0027】なお、永久磁石17については、マイクロ波用磁性体16に十分な直流磁界を印加し得るかぎり、フェライト系、希土類系などの適宜の永久磁石材料を用いて構成することができる。

【0028】また、本実施例では、マイクロ波用磁性体16の上方に永久磁石17が積層されているが、永久磁石は、マイクロ波用磁性体16の下面側に位置されていてもよく、あるいはマイクロ波用磁性体16の上面及び下面の双方に永久磁石を配置してもよい。

【0029】磁気ヨーク18, 19は、両者が組み合わされて、マイクロ波用磁性体16及び永久磁石17からなる積層体を閉環状に取り囲むように構成されている。磁気ヨーク18, 19は、永久磁石17と共に磁気回路を構成しており、永久磁石17で発生した直流磁界をマイクロ波用磁性体16に効率的に印加するために設けら

れている。磁気ヨーク18, 19を構成する材料については、このような作用を果たす限り、適宜の磁性材料で構成することができ、例えば軟鉄などにより構成することができる。

【0030】なお、磁気ヨーク18, 19は異なる材料で構成されていてもよく、同じ材料で構成されていてもよい。さらに、磁気ヨーク18, 19は、同じ材料により一体の部材として構成されていてもよい。

【0031】本実施例の特徴は、非可逆回路素子20において、上記マイクロ波用磁性体16の側面16aと、磁気ヨーク18のマイクロ波用磁性体16の側面16aと対向している部分18aとの間の距離をB、マイクロ波用磁性体16の厚みをAとしたときに、 $B > 0.5A$ とされていることにある。すなわち、 $B > 0.5A$ となるように、マイクロ波用磁性体16の側面16aと磁気ヨーク18の部分18aとの間の距離が相対的に広げられている。

【0032】従って、永久磁石17で発生した直流磁界は、図2に矢印Dで示すように、マイクロ波用磁性体16に効果的に印加される。すなわち、磁力線は、磁気ヨーク18側にほとんどずれることなく、マイクロ波用磁性体16内を通過する。

【0033】従って、磁気ヨーク18, 19を永久磁石17と組み合わせることにより、直流磁界をマイクロ波用磁性体16に効率的に印加し得るため、永久磁石17の小型化、ひいてはマイクロ波用非可逆回路素子20の小型化を果たすことができるだけでなく、上記 $B > 0.5A$ とすることにより、より一層マイクロ波用磁性体に直流磁界を効率よく印加することができる。その結果、マイクロ波用非可逆回路素子20における損失の低減、並びにさらなる小型化を果たすことができる。

【0034】なお、マイクロ波用磁性体16においては、側面に、適宜の外部電極が形成され、それによって図3に示す回路の3ポート型の集中定数型非可逆回路素子が構成される。言い換えれば、図3に示す回路を実現し得るように、マイクロ波用磁性体16の側面に適宜の外部電極が形成される。この外部電極の形成については、従来より周知の方法、例えば導体ペーストの塗布・焼付けなどにより形成することができる。

【0035】外部電極の形成は、上記マイクロ波用磁性体16を得る焼成工程の前に、積層体側面に導体ペーストを塗布し、マイクロ波用磁性体16を焼成する際に焼き付けることにより完成させてもよい。あるいは、磁性体グリーンシート1~12を積層してなる積層体を焼成して焼結体を得た後に、焼結体側面に外部電極を形成してもよい。この場合には、導体ペーストの塗布・焼付けのほか、蒸着、めっき、もしくはスパッタリングなどの適宜の方法により外部電極を形成することができる。

【0036】さらに、上記実施例では、導体線路13a~13c、電極14a~14c、アース電極15a, 1

5 b間の電氣的接続は、上記のように、焼結体側面に外部電極を形成することにより行われるが、焼結体内においてこれらを電氣的に接続するように構成してもよい。すなわち、焼結体内に、ビアホール電極などを形成し、それによって導体線路13 a~13 c、電極14 a~14 c及びアース電極15 a、15 b間の電氣的接続を果たしてもよい。もっとも、ビアホール電極等により焼結体内において上記各電極間の電氣的接続を果たす場合であっても、アース端子及び各ポートを構成するための電極については、焼結体表面に形成する必要がある。

【0037】また、上記実施例では、マイクロ波用磁性体16のみを、一体焼成、すなわちセラミック積層・一体焼成技術により得ていたが、永久磁石17や磁気ヨーク18、19についても、マイクロ波用磁性体16と共に一体焼成により形成してもよい。すなわち、磁性体グリーンシート1~12の積層に際し、さらに上面及び/または下面に永久磁石グリーンシートを積層し、加圧し、得られた積層体を焼成することにより、マイクロ波用磁性体16と永久磁石17とが一体焼成された焼結体としてもよい。

【0038】また、本実施例では、複数の導体線路13 a~13 cは、3ポート型のアイソレータやサーキュレータを構成するために、120°の角度をなすようにして交差されていたが、導体線路の数についても3本に限定されるものではなく、かつ交差角度についても120°に限定されるものではない。例えば、略90°の角度で交差する2本の導体線路を配置することによっても、非可逆回路素子を構成することができる。

【0039】さらに、3ポート型のアイソレータやサーキュレータの場合においても、導体線路の数は3本とする必要は必ずしもなく、例えば、導体線路13 a~13 cのそれぞれを、複数本の互いに平行な導体線路により構成してもよい。

【0040】次に、 $B > 0.5A$ としたことにより、損失の低減を果たし得ることを、具体的な実験例に基づき説明する。この実験例では、上述したマイクロ波用非可逆回路素子20を作製した。

【0041】仕様は以下の通りである。磁性体グリーンシート1~12については、YIGスラリーを用い、ドクターブレード法によりシート成形したものを用いた。導体線路13 a~13 c、電極14 a~14 c、アース電極15 a、15 bについては、それぞれ、パラジウムペーストをスクリーン印刷することにより形成した。

【0042】磁性体グリーンシート1~12を積層し、加圧することにより得られた積層体を、焼成し、 $3.2 \times 2.7 \text{ mm}$ のマイクロ波用磁性体16を得た。さらに、上記マイクロ波用磁性体16の外表面に、銀ペーストを用い、導体線路13 a~13 c、電極14 a~14 c、アース電極15 a、15 b間の電氣的接続を果たし、かつ図3に示すポートP1~P3を構成するための

外部電極を同じく銀ペーストを用いて形成した。なお、1個のポートP3については、終端抵抗器R1を接続した。この終端抵抗器R1については、銀ペーストを細く印刷することにより形成した。

【0043】上記のようにして得たマイクロ波用磁性体16の厚みAは1.0 mmであった。次に、上記マイクロ波用磁性体16に、ストロンチウムフェライトよりなる永久磁石17、マンガン亜鉛フェライトよりなる磁気ヨーク18及び軟鉄よりなる磁区ヨーク19を組み合わせ、非可逆回路素子20を得た。この場合、上記距離Bが、0.3 A、0.4 A、0.5 A、0.6 A、0.7 Aとなるようにマイクロ波用磁性体16の寸法を適宜調整して、複数種のマイクロ波用非可逆回路素子を作製した。

【0044】上記のようにして得た複数のマイクロ波用非可逆回路素子について、10キロエルステッドの磁界中で着磁し、アイソレータとして動作し得るか否かを確かめた。全ての非可逆回路素子が、アイソレータとした動作した。また、上記複数のマイクロ波用非可逆回路素子について、挿入損失を周波数2.0 GHzにおいてベクトルネットワークアナライザを用いて測定した。結果を下記の表1に示す。

【0045】

【表1】

	B/A	挿入損失 (dB)
非可逆回路素子A	0.3	1.75
非可逆回路素子B	0.4	1.60
非可逆回路素子C	0.5	1.25
非可逆回路素子D	0.6	0.75
非可逆回路素子E	0.7	0.55

【0046】表1から明らかなように、距離 $B > 0.5A$ とすることにより、挿入損失の低減を図り得ることがわかる。

【0047】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、マイクロ波用磁性体の側面と、磁気ヨークのマイクロ波用磁性体の該側面と対向している部分との間の距離Bが、マイクロ波用磁性体の厚みをAとしたときに、 $B > 0.5A$ とされているため、永久磁石で発生した直流磁界が磁力側にほとんどずれることなく、マイクロ波用磁性体に効率よくかつ均一に直流磁界が印加される。従って、非可逆回路素子の特性の改善、特に挿入損失の低減を図ることができる。よって、永久磁石と磁気ヨークを組み合わせることにより、小型化が図られたマイクロ波用非可逆回路素子において、距離 $B > 0.5A$ とすることにより、直流磁界をマイクロ波用磁性体に一層効果的に印加

することができるため、特性が優れているだけでなく、より一層小型の非可逆回路素子を提供することが可能となる。

【0048】請求項2に記載の発明に係る非可逆回路素子の製造方法では、磁性体グリーンシートを導体線路と共に積層し、一体焼成して得られた焼結体により、上記マイクロ波用磁性体が得られるため、マイクロ波用磁性体部分の小型化が図られ、しかも、請求項1に記載の発明のように、 $B > 0.5A$ とされているため、特性に優れており、かつより一層小型の非可逆回路素子を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例において用意される複数枚の磁性体グリーンシート及び導体線路等の電極を説明するための分解斜視図。

【図2】本発明の一実施例に係る非可逆回路素子の正面図。

【図3】本発明の一実施例の非可逆回路素子の回路構成を示す図。

【図4】従来の非可逆回路素子の製造方法を説明するための分解斜視図。

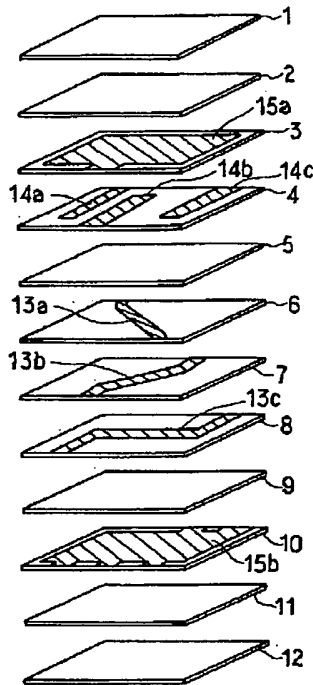
【図5】従来の非可逆回路素子の製造に際して用意される積層体を示す斜視図。

【図6】従来の非可逆回路素子の正面図。

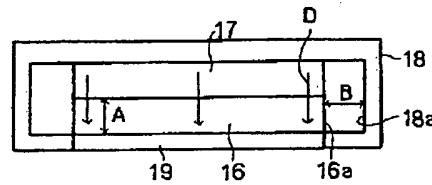
【符号の説明】

- 1～12…磁性体グリーンシート
- 13a～13c…導体線路
- 16…マイクロ波用磁性体
- 16a…側面
- 17…永久磁石
- 18, 19…磁気ヨーク
- 18a…磁気ヨークのマイクロ波用磁性体側面と対向し合っている部分
- 20…非可逆回路素子

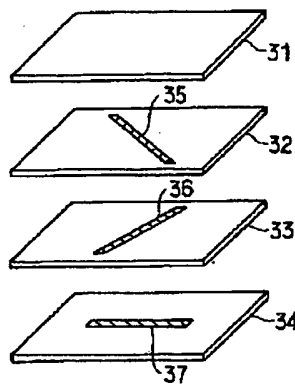
【図1】



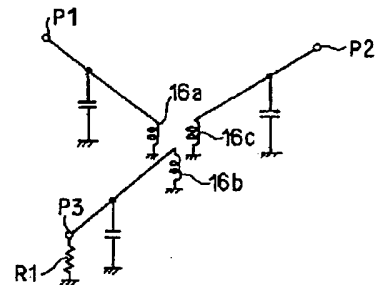
【図2】



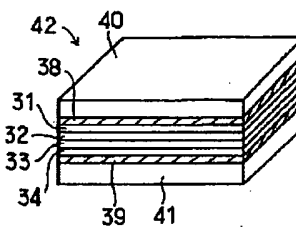
【図4】



【図3】



【図5】



【図6】

